

ELECTROSTATIC CHUCK

Patent Number: JP9237826
Publication date: 1997-09-09
Inventor(s): NAGASAKI KOICHI
Applicant(s): KYOCERA CORP
Requested Patent: ☐ JP9237826
Application JP19960043870 19960229
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L21/68; B23Q3/15;
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To hold a semiconductor wafer with a uniform attractive force by forming electrodes having specified thickness and length on the surface of a ceramic base and covering the electrodes with an aluminum nitride film in a specified thickness range to form a holding face having a high flatness accuracy.

SOLUTION: A ceramic base 1 contg. a resistance heater 7 and two-pole conductor layer 6 buried therein has electrodes 2 of 0.2mm or more thick and 5cm max. long each, and the electrodes 2 are covered with an aluminum nitride film 3 of 0.01-0.5mm thick to form a holding face 4. Since the electrode 2 on the surface of the base 1 is 5cm max. long, the base 1 little warps and the holding face 4 can be finished at a superior flatness while the attraction dispersion is little and the wafer 10 can be held at a high accuracy. It is possible to generate a plasma at a const. plasma density between a metal plate and surface 2.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

文献 3
(11) 特許出願公開番号

特開平9-237826

(43) 公開日 平成9年(1997)9月9日

(51) Int. Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/68		H 0 1 L 21/68	R
B 2 3 Q	3/15		B 2 3 Q 3/15	D
H 0 2 N	13/00		H 0 2 N 13/00	D

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-43870

(22) 出願日 平成8年(1996)2月29日

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市山科区東野北井ノ上町5番地の22

(72) 発明者 長崎 浩一

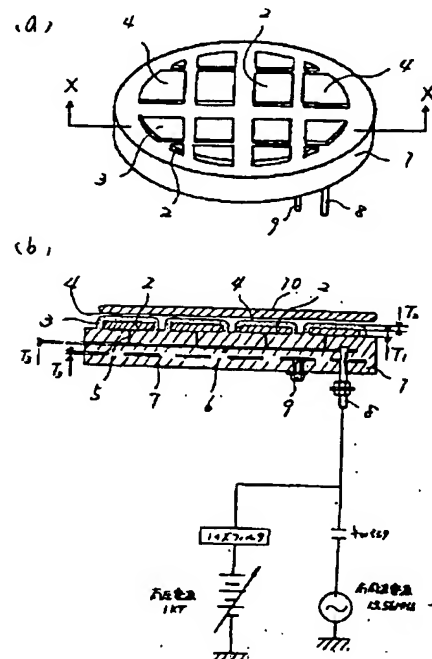
鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内

(54) 【発明の名称】 静電チャック

(57) 【要約】

【課題】 均一な吸着力でもって半導体ウエハを保持することができるとともに、静電吸着機能以外にプラズマ発生機能を備えたコンパクトな静電チャックを提供する。

【解決手段】 セラミック基体の表面に厚さ0.02mm以上でかつその最大長さが5cm以下である電極部を複数個備え、上記各電極部に厚さ0.01~0.5mmの窒化アルミニウム膜を被覆して保持面を形成することにより静電チャックを構成する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】セラミック基体の表面に厚さ0.02mm以上でかつその最大長さが5cm以下である電極部を複数個備え、上記各電極部に厚さ0.01~0.5mmの窒化アルミニウム膜を被覆して保持面を具備したことを特徴とする静電チャック。

【請求項2】上記セラミック基体の内部に加熱用の抵抗発熱体が埋設されていることを特徴とする請求項1に記載の静電チャック。

【請求項3】上記電極部には、静電吸着用の直流高電圧および／またはプラズマ発生用の高周波電力を印加し、静電吸着作用と共にプラズマ発生用電極としても作用させるようにしたことを特徴とする請求項1乃至請求項2に記載の静電チャック。

【請求項4】上記セラミック基体は体積固有抵抗値 $10^{10}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上でかつ熱伝導率 20W/mk 以上を有するセラミックスからなり、電極部はタングステン、モリブデン、またはコパールからなることを特徴とする請求項1乃至請求項3に記載の静電チャック。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体製造装置等において、半導体ウエハに成膜加工や微細加工等を施すために使用する静電チャックに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体装置の製造工程において、半導体ウエハに膜付けを行うための成膜装置や半導体ウエハに微細加工を施すためのドライエッチング装置などには、半導体ウエハを高精度に保持するための治具として静電チャックが使用されている。

【0003】また、近年、半導体素子の集積度の向上に伴い、静電チャックに要求される精度もより高度化してきたため、セラミック製の静電チャックが使用されるようになっていく。

【0004】例えば、静電チャックを構成するセラミック基体をアルミナセラミックスや窒化珪素質セラミックスにより形成するとともに、上記セラミック基体中に静電吸着用の電極を埋設したものがこれまで良く知られている（特開昭62-264638号公報参照）。

【0005】また、蒸着やドライエッチングを伴う半導体装置の製造工程においては、プラズマを発生させたハロゲン系腐食性ガス下で使用されるため、セラミック基体を耐プラズマ性に優れた窒化アルミニウム質セラミックスにより形成したものもあった（特開平6-151332号公報参照）。

【0006】また、プラズマを利用した半導体製造プロセスで使用する静電チャックにおいては、ウエハを密着させるための静電吸着機能以外にウエハを一定温度に保つための温度制御機能やプラズマ発生機能が要求されており、これらの機能の全てを一体化できれば、コンパク

2

トで極めて効率の高い静電チャックを得ることができることから、セラミック基体の内部に静電吸着用電極、抵抗発熱体、およびプラズマ発生用電極の3つの電極を内蔵したオールインワン型の静電チャックが提案されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところが、セラミック基体の内部に電極を3層も挟み込むと、焼成時の熱膨張差によってセラミック基体が大きく反れ曲がるとともに、クラックが発生したり電極の剥離や断線等を生じるといった課題があった。

【0008】特に、静電吸着用電極とプラズマ発生用電極はセラミック基体の全面にわたるような電極パターンをしたものであるために、これら2つの電極を埋設することによるセラミック基体の反りは大きいものであった。

【0009】その為、このような静電チャックによりウエハを保持したとしてもウエハの平坦精度が得られず、半導体製造プロセスに悪影響を与えるといった課題があった。

【0010】そこで、このような問題点を少しでも改善するために、電極厚みを薄くすることが考えられるが、電極厚みを0.01mm以下とするとプラズマ発生用電極に印加可能な高周波電力が制限されるといった課題があった。

【0011】即ち、プラズマを発生させる場合、プラズマ発生用電極に100W以上の電力を印加しなければならないのであるが、電極厚みが0.01mm以下であるとプラズマ発生用電極が異常発熱することから、ウエハに十分なドライエッチング加工を施すことができないばかりか、プラズマ発生用電極が焼き切れたり、セラミック基体が破損するなどの課題があった。

【0012】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明は上記課題に鑑み、セラミック基体の表面に厚さ0.02mm以上でかつその最大長さが5cm以下である電極部を複数個備え、上記各電極部に厚さ0.01~0.5mmの窒化アルミニウム膜を被覆することにより保持面を形成して静電チャックを構成したものである。また、本発明は上記セラミック基体の内部に加熱用の抵抗発熱体を埋設しても良い。

【0013】また、本発明は上記電極部に静電吸着用の直流高電圧および／またはプラズマ発生用の高周波電力を印加し、静電吸着作用と共にプラズマ発生用電極としても作用させるようにしたものである。

【0014】さらに、本発明は上記セラミック基体を体積固有抵抗値が $10^{10}\Omega\cdot\text{cm}$ 以上でかつ熱伝導率が 20W/mk 以上を有するセラミックスにより形成するとともに、電極部をタングステン、モリブデン、またはコパールにより構成したものである。

50

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図によって説明する。

【0016】図1(a)に本発明に係る静電チャックの斜視図を、図1(b)にそのX-X線断面図を示すように、本発明に係る静電チャックはセラミック基体1の表面に複数の電極部2を備えてなり、各電極部2を窒化アルミニウム膜3により被覆してその表面を保持面4としてある。

【0017】また、図2にセラミック基体1の分解図を示すように、セラミック基体1の内部には複数の電極部2に通電するためのピアホール5と各ピアホール5を導通させるための2極の導体層6を有するとともに、該導体層6とは別に加熱用の抵抗発熱体7を埋設してあり、上記導体層6および抵抗発熱体7にはそれぞれに通電するためのリード端子8、9が接合してある。

【0018】ところで、上記セラミック基体1を構成するセラミックスとしては、 $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 以上の体積固有抵抗値と 20 W/mk 以上の熱伝導率を有するものが良い。これは、電極部2との電気絶縁性を確保するとともに、ウエハ10に均一な膜を成膜したり高精度の加工を施すためには均熱性の良いことが欠かせないからである。

【0019】そして、このような特性を有するセラミックスとしては窒化アルミニウム質セラミックスやアルミナセラミックスが良く、好ましくは熱伝導率が高く均熱性に優れ、かつ高い耐プラズマ性を有する窒化アルミニウム質セラミックスを用いることが良い。

【0020】ただし、セラミック基体1の厚みは、後述する電極部2を形成する時の熱応力に耐えるようにするために3mm以上とすることが必要である。

【0021】また、セラミック基体1の表面に形成する電極部2は、図3に示すような円形状の電極を等間隔で分割した複数の電極部2により構成してあり、ウエハ10を均一に吸着保持するためには少なくとも電極部2をセラミック基体1の表面に等間隔で配置することが好ましい。

【0022】ただし、セラミック基体1とその表面に形成する電極部2の大きさには密接な関係があり、上記各電極部2の最大長さLが5cmより大きくなると、電極部2とセラミック基体1との間の熱膨張差によるセラミック基体1の反りが大きくなりすぎるために、その反り量を無視することができず、ウエハ10への成膜精度や加工精度に悪影響を与えることになる。

【0023】その為、セラミック基体1の表面に形成する各電極部2の最大長さLは5cm以下とすることが必要である。

【0024】なお、本発明で言う電極部2の最大長さとは、電極部2における最も長い部分の長さのことであり、例えば、円形をした電極部2ではその直径を、四角

形をした電極部2ではその対角線のうち長い方をそれぞれ最大長さとする。

【0025】さらに、各電極部2の形状については円形や楕円、あるいは多角形や星形など最大長さLが5cm以下のものであればどのような形状をしたものであっても構わない。

【0026】また、電極部2の厚みT₁も重要な要件である。即ち、電極部2には静電吸着用電極としての機能以外にプラズマ発生用電極としての機能を持たせてあるのであるが、電極部2の厚みT₁が0.02mm未満と薄すぎると、プラズマを発生させるために高周波電力を印加した時に電極部2が発熱したり焼き切れてしまうからである。

【0027】従って、電極部2の厚みT₁は0.02mm以上とすることが必要である。

【0028】このような電極部2を構成する金属としてはタングステン、モリブデン、コバルト等の熱膨張係数が $4 \sim 6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ の金属が良い。これらの金属はセラミック基体1を構成する窒化アルミニウム質セラミックスやアルミナセラミックスの熱膨張係数(5~7.8 $\times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)と近似しているために、熱膨張差に伴うセラミック基体1の反りや破損を低減することができる。さらに、セラミック基体1が窒化アルミニウム質セラミックスからなる時には、上記金属に窒化アルミニウム粉末を微量添加しても良く、このように窒化アルミニウム粉末を添加することで、セラミック基体1との熱膨張差をさらに小さくすることができるため、セラミック基体1の反りや破損をさらに低減することができる。

【0029】このようにセラミック基体1の表面に電極部2を形成するには、上記金属からなるペーストを所定の大きさにそれぞれ塗布したのち焼き付けることによりセラミック基体1と一体化したり、メタライズ層を形成したあと電極部2をなす所定の大きさの金属板や金属箔をチタンや銀などのロウ材でもってセラミック基体1に接合すれば良い。

【0030】さらに、上述の方法でもってセラミック基体1の表面のはほぼ全面に電極を形成したあと、切削加工等により最大長さLが5cm以下の電極部2に分割したものであっても構わない。

【0031】また、セラミック基体1上の電極部2には窒化アルミニウム膜3を被覆してあるのであるが、この窒化アルミニウム膜3は周知の気相成長法、例えばスパッタリング法やイオンプレーティング法などのPVD法やプラズマCVD法、MoCVD法、熱CVD法などCVD法等の薄膜形成手段により被覆することができ、膜純度としては99%以上、好ましくは99.9%以上のものが良い。また、上記薄膜形成手段により形成する場合、膜3中に酸素が含有される可能性があるのであるが、この酸素量が多すぎると電極部2との密着性が低下する。その為、窒化アルミニウム膜3中に含有する酸素

量は20 atomic %以下とすることが望ましい。

【0032】この窒化アルミニウム膜3の膜厚みT₃は0.01~0.5mmが良く、さらに望ましくは0.05~0.4mmが良い。この理由としては窒化アルミニウム膜3の膜厚みT₃が0.01mm未満であると膜3の耐電圧が小さすぎるために絶縁破壊を起こして耐久性が低下するからであり、逆に、窒化アルミニウム膜3の膜厚みT₃が0.5mmより大きくなると窒化アルミニウム膜3の成膜に時間がかかることから生産性が劣り、また、膜厚みT₃にバラツキを生じることから吸着バラツキが発生するとともに、静電吸着力が低下してしまうからである。

【0033】なお、窒化アルミニウム膜3は電極部2を有するセラミック基体1の表面全体に被覆しても良いが、好ましくは電極部2のみを覆うように形成することが好ましい。これは、セラミック基体1と窒化アルミニウム膜3とではその形成方法が異なるために、例えば、セラミック基体1が窒化アルミニウム質セラミックスからなるものであっても両者の間には若干の熱膨張差が存在し、セラミック基体に反りが発生したり、窒化アルミニウム膜3にクラックを生じる恐れがあるからである。

【0034】ただし、電極部2のみを窒化アルミニウム膜3で被覆するには、電極部2間にマスクを配置して窒化アルミニウム膜3を被覆するか、あるいはセラミック基体1の表面全体に窒化アルミニウム膜3を被覆したあと、ショットブラスト等の方法により電極部2間にある窒化アルミニウム膜3を取り除けば良い。

【0035】一方、セラミック基体1には電極部2に通電するための2極の導体層6と加熱用の抵抗発熱体7を埋設してあるのであるが、これらの導体層6および抵抗発熱体7の厚みT₇を0.03mm以下とすることによりセラミック基体1の反りを抑制することができる。なお、導体層6および抵抗発熱体7の材質は電極部2の材質と同様にセラミック基体1との熱膨張差をできるだけ小さくしてセラミック基体1の反りを低減するためにタングステン、モリブデン、またはコパール等の熱膨張係数4~6×10⁻⁶/°Cを有する金属を用いることが良く、さらには上記金属に窒化アルミニウム粉末を微量添加したものを用いることが好ましい。

【0036】次に、この静電チャックの作動について説明する。

【0037】図1に示すように、半導体ウエハ10を保持面4に載置し、リード端子8を介して電極部2に1000V程度の直流高電圧を印加することにより上記電極部2を静電吸着用電極として作用させることができるため、窒化アルミニウム膜3と半導体ウエハ10との間に誘電分極によるクーロン力や微少な漏れ電流によるジョンソン・ラーベック力を発生させて半導体ウエハ10を保持面4に吸着保持させることができる。ここで、本発明に係る静電チャックは、セラミック基体1の表面に形

成する複数の電極部2の最大長さLを5cm以下としてあることから、セラミック基体1に殆ど反りがなく、保持面4を優れた平坦度に仕上げることができる。その為、吸着バラツキが少なくウエハ10を高精度に保持することができる。

【0038】また、静電チャックの上方に金属プレート（不図示）を配設するとともに、電極部2に高周波電源より高周波電力を印加することにより、上記金属プレートと電極部2との間でプラズマ密度が一定のプラズマを発生させることができる。この時、電極部2は0.02mm以上の厚みT₂を有するため、高周波電力を印加しても発熱したり焼き切れるようなことがない。なお、電極部2に静電吸着用の直流電圧以外にプラズマ発生用の高周波電力を印加する場合、高周波をカットできるようなフィルターを静電チャックと高圧電源との間に設置しておけば良い。

【0039】そして、電極部2を被覆する窒化アルミニウム膜3は高純度で耐プラズマ性にも優れることから、ウエハ10にパーティクルやコンタミネーション等の悪影響を及ぼすことがない。

【0040】さらに、セラミック基体1中には抵抗発熱体7を埋設してあるため、リード端子9を介して電圧を印加することにより静電チャックを発熱させてウエハ10を均一に加熱することができる。しかも、セラミック基体1中には厚みT₁が0.03mm以下の帯状薄膜パターンを有する抵抗発熱体7と、セラミック基体1上に形成する複数の電極部2と連通させるための2極の導体層6を埋設しただけであるため、一般的なセラミックヒータと同様に反りや破損を生じることがなく、極めて信頼性の高い静電チャックとすることができる。

【0041】その為、本発明に係る静電チャックを用いてウエハ10に成膜を施せば、均一な厚みをもった膜を被覆することができ、ウエハ10にエッチング加工を施せば、寸法通りの加工を施すことができる。

【0042】

【実施例】

（実施例1）ここで、図1に示す静電チャックを試作して、その効果を調べる実験を行った。

【0043】まず、純度99.9%以上の窒化アルミニウム粉末にバインダーおよび溶媒を添加して泥漿を作製したあと、ドクターブレード法にて厚さ0.5mm程度のグリーンシートを複数枚形成した。このうち1枚のグリーンシートにタングステン粉末と窒化アルミニウム粉末を混合して粘土調整した抵抗発熱体用の金属ペーストをスクリーン印刷でもって帯状パターンに形成し、別の1枚のグリーンシートにタングステン粉末と窒化アルミニウム粉末を混合して粘土調整した金属ペーストをスクリーン印刷でもって図2に示すような配線形状に形成した。

【0044】そして、これらのグリーンシートを積層

し、さらに残りのグリーンシートを積層して80℃、50kg/cm²程度の圧力で熱圧着して積層体を形成し、さらに切削加工を施して円盤状の板状体としたあと、電極部2と導通をとるために積層体の表面に直径0.1mm程度の小孔を穿設し、金属ペーストを注入した。

【0045】このようにして形成した積層体を真空脱脂したあと、2000℃程度の温度で還元焼成することによって、熱伝導率が100W/mk、体積固有抵抗値が10¹¹Ω・cmの窒化アルミニウム質セラミックスからなり、内部に抵抗発熱体7および2極の導体層6を埋設した外径220mm、厚さ10mmのセラミック基板1を形成した。

【0046】また、他に純度99%の高純度アルミナ、窒化珪素、および炭化珪素の各セラミックスからなる基板1を作製した。アルミナおよび窒化珪素は窒化アルミニウムと同様にドクターブレード法にて製作し、炭化珪素はホットプレス法により製作した。なお、各セラミック基板1はそれぞれの材料理論密度の98%以上とし、セラミック基板1の内部に埋設する抵抗発熱体7および導体層6の印刷パターン形状は全て同一形状とし、その抵抗値は5Ω、厚みT、は0.03mm以下とした。

*【0047】このようにして製作したセラミック基板1の抵抗発熱体7に対して100Vの電圧を印加して400℃に発熱させた。そして、セラミック基板1の表面温度を温度画像処理装置で確認したところ、表1に示すように窒化珪素製セラミック基板1の温度分布が極端に悪く、実用に耐え得ないことが判った。

【0048】また、炭化珪素製セラミック基板1では抵抗値が小さいことから抵抗発熱体7に印加した電流の回り込みが見られ、絶縁性を確保できないことが判った。

【0049】これに対し、セラミック基板1を窒化アルミニウムおよびアルミナで形成したものは、発熱させたとしても電流の回り込みが見られず十分な絶縁性を有しており、温度分布についてもそれほど大きな温度ムラは見られなかった。特に、窒化アルミニウムは高い熱伝導率を有しているため、温度ムラが殆どなく優れたものであった。

【0050】この結果、セラミック基板1を構成するセラミックスとしては熱伝導率20W/mk以上でかつ体積固有抵抗値10¹⁰Ω・cm以上を有するものを選定すれば良いことが判る。

【0051】

【表1】

材 質	熱伝導率 (W/mk)	体積固有抵抗値 (Ω・cm)	温度分布 (℃)	総合 評価
窒化アルミナ	100	10 ¹¹	1	○
アルミナ	21	10 ¹⁴	15	○
窒化珪素	14	10 ¹⁴	22	×
炭化珪素	55	10 ⁴	9	×

【0052】(実施例2)次に、窒化アルミニウムからなるセラミック基板1の表面に研摩加工施して平坦度1μm以下、中心線平均粗さ(Ra)1μm以下としたあと、この表面に各ビアホール5と電気的に接続されるように表2に示すような形状および厚みの異なる電極部2を形成し、セラミック基板1の反り量について実験を行った。

【0053】ただし、電極部2はチタン、銅、銀粉末を混合して粘土調整したコパールのペーストを各電極形状にスクリーン印刷したあと、真空雰囲気下で1000℃の温度で加熱することにより形成した。

【0054】それぞれの結果は表2に示す通りである。

【0055】

【表2】

	電 極 部 の 構 造				セラミック 基体の反り 量 (μm)
	電極部 の数	電極部 の形状	電極部の 厚み(mm)	電極部の最 大長さ(cm)	
※1	1	円形	0.05	20	80
※2	2	半円形	0.05	10	30
3	4	扇形	0.05	5	1
4	8	扇形	0.05	2	0.6
※5	1	四角形	0.05	20	70
※6	2	四角形	0.05	10	26
7	4	四角形	0.05	5	0.9
8	1	四角形	0.05	5	0.5
9	1	四角形	0.50	5	1
10	4	四角形	0.50	5	1
※11	1	四角形	0.60	5	破 損
12	8	四角形	0.05	2	0.6
13	12	四角形	0.05	2	0.6

※は本発明範囲外のものである。

【0056】この結果、まず、電極部2の形状や厚みに
関係なく、電極部2の最大長さLが大きくなるにしたが
ってセラミック基体1の反り量も大きくなっていること
が判る。そして、電極部2の最大長さLが5cmより大
きくなると、セラミック基体1の反りが顕著になること
が判る。

【0057】これに対し、電極部2の最大長さLが5cm
以下であれば、セラミック基体1に発生する反り量を
1 μm 以下とすることができ、反りによる影響が無視で
きるレベルであった。

【0058】また、電極部2の最大長さLが5cmより
大きいものでも研削加工等により電極部2を分割し、一
つの電極部2の最大長さLが5cm以下となるようにす
ることセラミック基板1の反り量を1 μm 以下とす
ることができた。

【0059】このことから、電極部2の最大長さLは5
cm以下すればセラミック基体1の反りを大幅に低減す
ることができることが判る。

【0060】(実施例3)さらに、表2にある試料N
o. 7の電極部2を備えたセラミック基体1を用意し、
電極部2に膜厚みT₁を変化させた窒化アルミニウム膜

3を被覆して静電チャックを試作した。

【0061】窒化アルミニウム膜3の成膜には、反応ガ
スとして塩化アルミニウム、アンモニア、水素、および
窒素を使用し、800~1000℃の温度で50torr
程度の減圧下で成膜し、成膜時間を制御することによ
り表3に示すような膜厚みT₁を有する窒化アルミニウ
ム膜3を被覆した。

【0062】そして、電極部2に1000Vの直流電圧
を印加してシリコンウエハ10を吸着保持させたところ、
厚みT₁が0.005mm以下のものでは絶縁破壊
が発生した。

【0063】これに対し、膜厚みT₁が0.01mm以
上のものでは、絶縁破壊を生じることなく安定して吸着
させることができた。しかしながら、膜厚みT₁が0.
5mmより厚くなると窒化アルミニウム膜3の膜形成に
時間がかかり、生産効率が悪かった。

【0064】また、吸着力についても膜厚みT₁が0.
05~0.4mmの範囲であればほぼ一定の吸着力が得
られ、静電チャックとして扱い易いものであった。

【0065】この結果、窒化アルミニウム膜3の膜厚み
T₁は0.01~0.5mmの範囲が良く、望ましくは

0.05~0.4mmが良いことが判る。

【0066】

【表3】

窒化アルミニウム膜の 膜厚みT ₂ (mm)	1KV での耐電圧	吸着力 (g/cm ²)
0.005	破損(×)	—
0.01	○	220
0.05	○	130
0.1	○	126
0.2	○	120
0.4	○	115
0.5	○	60

【0067】さらに、本発明に係る静電チャックをエッチング装置内にセットし、フッ素ガスを供給するとともに、高周波電源から800W、13.56MHzの高周波電力を印加したところ、電極部2は0.02mm以上と十分な厚みT₂を持たせてあることから、高周波に対して発熱したり焼き切れることはなかった。しかも、セラミック基体1上に形成する電極部2および窒化アルミニウム膜3は均一な厚みを有していることからウエハ10上のプラズマ密度を一定とすることができ、シリコンウエハへの所望の集積回路の形成が可能であった。

【0068】

【発明の効果】以上のように、本発明は、セラミック基体の表面に厚さ0.02mm以上でかつその最大長さが5cm以下である電極部を複数個備え、上記各電極部に厚さ0.01~0.5mmの窒化アルミニウム膜を被覆することにより保持面を形成して静電チャックを構成したことにより、高い平坦精度を持った保持面とすること

ができ、均一な吸着力をもって半導体ウエハを保持することができるとともに、電極部には静電吸着用の電極としての機能以外にプラズマ発生用の電極としての機能を持たせることができるため、コンパクトで極めて効率の高い静電チャックとすることができる。

【0069】しかも、窒化アルミニウム膜は耐プラズマ性に優れるために長寿命とすることができ、半導体ウエハにコンタミネーションやパーティクル等の悪影響を及ぼすことがない。

- 10 【0070】また、上記セラミック基体の内部には電極部と導通をとるための導体層と抵抗発熱体を埋設してあるだけであるため、一般的なセラミックヒータ同様極めて高い信頼性が得られる。

【0071】また、本発明では上記セラミック基体を高い熱伝導率と体積固有抵抗値を有するセラミックスにより形成するとともに、電極部をタングステン、モリブデン、またはコパールにより形成してあるために均熱性に優れ、半導体ウエハを均一に加熱することができる。

- 20 【0072】その為、本発明に係る静電チャックを用いて半導体ウエハに成膜加工を施せば高精度の膜付けを行うことができ、半導体ウエハに微細加工を施せば所定の寸法通りに高精度に加工することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明に係る静電チャックを示す斜視図であり、(b)はそのX-X線断面図である。

【図2】本発明に係る静電チャックを構成するセラミック基体の分解図である。

【図3】本発明に係る静電チャックの電極部のパターン構造を示す図である。

- 30 【符号の説明】

1・・・セラミック基体、 2・・・電極部、 3・・・窒化アルミニウム膜
4・・・保持面、 5・・・ビアホール、 6・・・導体層、 7・・・抵抗発熱体、 8・・・リード端子、
9・・・リード端子
10・・・半導体ウエハ

JP Kokai Hei 9-237826

Title of the Invention

ELECTROSTATIC CHUCK

[Abstract]

Subject: To provide a compact electrostatic chuck capable of holding a semiconductor wafer with uniform adsorption force and having a plasma generating function in addition to an electrostatic adsorbing function.

Means for solving: An electrostatic chuck comprising a plurality of electrodes having the thickness of 0.02 mm or more and the maximum length of 5 cm or less on the surface of a ceramic substrate, wherein each of the electrode is covered with an aluminum nitride film having the thickness of 0.01 to 0.5 mm to form a holding face.

[Scope of the Claims for Patent]

[Claim 1] An electrostatic chuck comprising:

a plurality of electrodes having the thickness of 0.02 mm or more and the maximum length of 5 cm or less on the surface of a ceramic substrate, wherein

each of the electrode is covered with an aluminum nitride film having the thickness of 0.01 to 0.5 mm to form a holding face.

[Claim 2] The electrostatic chuck according to claim 1, wherein

resistance heating elements for heating are embedded in the ceramic substrate.

[Claim 3] The electrostatic chuck according to claims 1 and 2, wherein

a direct current high voltage for electrostatic adsorption and/or a high frequency power for plasma generation are/is applied to the electrode so that the electrode operates as an electrode for electrostatic adsorption and, also, operates as an electrode for plasma generation.

[Claim 4] The electrostatic chuck according to claims 1 to 3, wherein

the ceramic substrate is made of ceramic having the intrinsic volume resistance value of $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ or more and the thermal conductivity of 20 W/mK or more, and the electrode is made of tungsten, molybdenum or Kovar.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention]

The present invention relates to an electrostatic chuck used for performing a film forming process and finely processing process on a semiconductor wafer in a semiconductor producing device or the like.

[0002]

[Prior Art]

Conventionally, in the fabrication process of a semiconductor device, for a film forming device for forming a film on a semiconductor wafer or a dry etching device for finely processing a semiconductor wafer, an electrostatic chuck has been employed as a jig for highly precisely holding the semiconductor wafer.

[0003] Further, in these years, along with improvement of the integration degree of semiconductor elements, the precision required for the electrostatic chuck is further increased, so that it has tended to employ an

electrostatic chuck made of a ceramic.

[0004] For example, electrostatic chucks in which an alumina ceramic, a silicon nitride ceramic or the like is used for producing a ceramic substrate forming the electrostatic chucks and at the same time, electrodes for electrostatic adsorption are embedded in the ceramic substrate have been known before (see Japanese Kokai Sho 62-264638).

[0005] Further, in the fabrication process of a semiconductor device involving deposition and drying etching, since they are to be used in halogen type corrosive gases in which plasma is generated, there have been some electrostatic chucks comprising ceramic substrates made of an aluminum nitride type ceramic excellent in plasma resistance (see Japanese Kokai Hei 6-151332).

[0006] Further, with respect to an electrostatic chuck used for semiconductor fabrication process using plasma, the electrostatic chuck is required to have a temperature control function to keep a wafer at a constant temperature and a plasma generation function other than the electrostatic adsorption function for closely adsorbing the wafer and since if these functions can be combined all together, a compact and extremely efficient electrostatic chuck can be obtained, an all-in-one type electrostatic chuck in which three electrodes; electrodes for electrostatic adsorption, resistance heating elements, and electrodes for plasma generation are embedded in a ceramic substrate is proposed.

[0007]

[Problems to be Solved by the Invention]

However, when no less than 3 layers are inserted in the inside of the

ceramic substrate, owing to the thermal expansion at the time of firing, the ceramic substrate is considerably warped to result in problems such as occurrence of cracking, separation and disconnection of electrodes and the like.

[0008] Especially, since electrodes for the electrostatic adsorption and the electrodes for plasma generation are formed in electrode patterns in the entire surface of the ceramic substrate, the warping of the ceramic substrate is so significant attributed to embedding of these two kinds of electrodes.

[0009] Because of that, even if a wafer is held by such an electrostatic chuck, there occur problems that no flatness precision of the wafer can be obtained and that undesirable effects are caused on the semiconductor fabrication process.

[0010] Therefore, in order to improve such problems even a bit, it is supposed to be possible to thin the thickness of the electrodes, however if the thickness of the electrodes is made to be 0.01 mm or less, there occurs another problem that the high frequency electric power to be applied to the electrodes for plasma generation is restricted.

[0011] That is, in the case of generating plasma, electric power of 100 W or more has to be applied to the electrodes for plasma generation, if the thickness of the electrodes is 0.1 mm or less, the electrodes for plasma generation abnormally generate heat, so that not only a wafer cannot be sufficiently dry etched but also the electrodes for plasma generation are burned and disconnected and the ceramic substrate is broken.

[0012]

[Means for Solving the Problems]

Accordingly, in consideration of the above-mentioned problems, an electrostatic chuck according to the present invention comprises: a plurality of electrodes having the thickness of 0.02 mm or more and the maximum length of 5 cm or less on the surface of a ceramic substrate, wherein each of the electrode is covered with an aluminum nitride film having the thickness of 0.01 to 0.5 mm to form a holding face. Also, according to the present invention, resistance heating elements for heating may be embedded in the ceramic substrate.

[0013] Further, according to the present invention, a direct current high voltage for electrostatic adsorption and/or a high frequency power for plasma generation are/is applied to the electrode so that the electrode operates as an electrode for electrostatic adsorption and, also, operates as an electrode for plasma generation.

[0014] Further, according to the present invention, the ceramic substrate is made of ceramic having the intrinsic volume resistance value of $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ or more and the thermal conductivity of 20 W/mK or more, and the electrode is made of tungsten, molybdenum or Kovar.

[0015]

[Embodiment of carrying out the Invention]

Hereinafter, embodiments of the invention will be described with reference to the drawings.

[0016] As illustrated in a perspective view of Fig. 1(a) and a cross sectional view of Fig. 1(b) taken along line X-X of Fig. 1(a), an electrostatic chuck according to the present invention comprises a plurality of electrodes 2 on the surface of a ceramic substrate 1, wherein each of the electrodes 2 is

covered with an aluminum nitride film 3 to form a holding face 4.

[0017] Further, as illustrated an exploded view of the ceramic substrate 1 in Fig. 2, via holes 5 for electric communication of a plurality of the electrodes 2 and a bipolar conductive layer 6 for electric conduction of the respective via holes 5 are formed inside of the ceramic substrate 1 and besides the conductive layer 6, resistance heating elements 7 for heating are embedded and lead terminals 8 and 9 are bonded to the foregoing conductive layer 6 and resistance heating elements 7, respectively.

[0018] As the ceramic forming the foregoing ceramic substrate 1, those having an intrinsic volume resistance value of $10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ or more and a thermal conductivity of 20 W/mK or more are preferable. Because it is indispensable that electric insulation of the electrodes 2 is assured and that an evenly heating property is provided to carry out film formation of an even film on a wafer 10 and highly precise processing of the wafer 10.

[0019] As a ceramic having such characteristics, an aluminum nitride type ceramic and an alumina ceramic are preferable and an aluminum nitride type ceramic with a high thermal conductivity, excellent even heating property, and high plasma resistance is further preferable to be used.

[0020] However, the thickness of the ceramic substrate 1 is required to be 3 mm or more in order to withstand for the thermal stress at the time of forming electrodes 2 as it will be described later.

[0021] Further, the electrodes 2 to be formed on the surface of the ceramic substrate 1 are composed of a plurality of electrodes 2 by dividing a circular electrode at equal intervals as shown in Fig. 3 and in order to evenly attract and hold a wafer 10, at least the electrodes 2 are preferably arranged at

equal intervals from one another on the surface of the ceramic substrate 1.

[0022] However, there is a close relation between the ceramic substrate 1 and the size of the electrodes 2 to be formed on the surface and if the maximum length L of the foregoing respective electrodes 2 exceeds 5 cm, the warping of the ceramic substrate 1 becomes too significant owing to the thermal expansion difference between the electrodes 2 and the ceramic substrate 1 to neglect the warping amount and subsequently, undesirable effects are caused on the film formation precision and processing precision of the wafer 10.

[0023] Therefore, it is required to keep the maximum length L of the respective electrodes 2 to be formed on the surface of the ceramic substrate 1 within 5 cm.

[0024] It is noted that the maximum length of the electrodes 2 in the invention means the length of the longest portion of each electrode 2 and for example, in the case of a circular electrode 2, its diameter and in the case of a rectangular electrode 2, the longer diagonal line are set to be the maximum length, respectively.

[0025] Further, with respect to the shape of the respective electrodes 2, any shape such as a circular shape, an oval shape or a polygonal or star-like shape is allowed if the maximum length L is 5 cm or less.

[0026] The thickness T_1 of the electrodes 2 is also an important factor. That is, other than the function as electrodes for electrostatic adsorption, the electrodes 2 are provided with a function as electrodes for plasma generation and that is because if the thickness T_1 of the electrodes 2 is too thin, thinner than 0.02 mm, the electrodes 2 are heated and disconnected by

burning when high frequency electric power is applied to generate plasma.

[0027] Accordingly, the thickness T_1 of the electrodes 2 is required to be 0.02 mm or more.

[0028] As the metal for forming such electrodes 2, metals such as tungsten, molybdenum, Kovar, and the like with a thermal expansion coefficient of 4×10^{-6} to $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ are preferable. Since these metals have a thermal expansion coefficient close to the thermal expansion coefficients (5×10^{-6} to $7.8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$) of an aluminum nitride type ceramic and an aluminum ceramic forming the ceramic substrate 1, warping and breaking of the ceramic substrate 1 owing to the thermal expansion difference can be suppressed. Further, in the case the ceramic substrate 1 is made of the aluminum nitride type ceramic, a slight amount of an aluminum nitride powder may be added to the foregoing metal and by adding the aluminum nitride powder as described, the difference from the thermal expansion coefficient of the ceramic substrate 1 can be made further small, warping and breaking of the ceramic substrate 1 can be further suppressed.

[0029] In order to form the electrodes 2 on the surface of the ceramic substrate 1 in such a manner, a paste containing the above-mentioned metal is applied in respective sizes and then baked to unit them with the ceramic substrate 1 or after a metallized layer is formed, metal sheets and metal foils with prescribed sizes for forming the electrodes 2 are stuck to the ceramic substrate 1 by using a solder material containing titanium, silver or the like.

[0030] Further, after an electrode is formed on almost entire surface of the ceramic substrate by the above-mentioned method, the electrode may be

divided into the electrodes 2 with the maximum length L of 5 cm or less by cutting process or the like.

[0031] Also, an aluminum nitride film 3 is formed on the electrodes 2 on the ceramic substrate 1 and the aluminum nitride film 3 can be formed by a thin film formation means including a well-known vapor phase deposition, a PVD method such as a sputtering method, an ion plating method, or the like, and a CVD method such as a plasma CVD method, MOCVD method, a thermal CVD method and the like. The purity of the film is preferably 99% or more, more preferably 99.9% or more. In the case the above-mentioned thin film formation means is employed for the formation, it is probable to contain oxygen in the film 3 and if the oxygen amount is too high, the adhesion strength to the electrodes 2 becomes poor. Therefore, the amount of oxygen to be contained in the aluminum nitride film 3 is preferably suppressed to 20 atomic % or less.

[0032] The film thickness T_2 of the aluminum nitride film 3 is preferably 0.01 to 0.5 mm, further preferably 0.05 to 0.4 mm. The reason for that is because if the film thickness T_2 of the aluminum nitride film 3 is thinner than 0.01 mm, the withstand voltage of the film 3 is so low as to cause dielectric breakdown and deteriorate the durability and on the contrary, if film thickness T_2 of the aluminum nitride film 3 is thicker than 0.5 mm, it takes a long time to form the aluminum nitride film 3 to result in poor productivity and the film thickness T_2 is dispersed to result in adsorption dispersion and deterioration of electrostatic adsorption force.

[0033] Incidentally, the aluminum nitride film 3 may be formed on the entire surface of the ceramic substrate 1 having the electrodes 2, however it

is preferable that the film 3 is formed so as to cover only the electrodes 2. The reason for that is because the ceramic substrate 1 and the aluminum nitride film 3 are formed by different formation methods and therefore, for example, even if the ceramic substrate 1 is made of an aluminum nitride type ceramic, a slight thermal expansion difference exists between both of them and it is probable that warping takes place in the ceramic substrate and cracking occurs in the aluminum nitride film 3.

[0034] However, in order to coat only the electrodes 2 with the aluminum nitride film 3, either the aluminum nitride film 3 is formed while a mask being put between neighboring electrodes 2 or the aluminum nitride film 3 is formed on the entire surface of the ceramic substrate 1 and then the aluminum nitride film 3 existing between neighboring electrodes 2 are removed by a method such as shot blasting.

[0035] Meanwhile, in the ceramic substrate 1, a bipolar conductive layer 6 to electrically communicate with the electrodes 2 and resistance heating elements 7 for heating are embedded and the thickness T_3 of the conductive layer 6 and the resistance heating elements 7 is adjusted to be 0.03 mm or less, so that warping of the ceramic substrate 1 can be suppressed.

Incidentally, similar to the material for the electrodes 2, as the material for the conductive layer 6 and the resistance heating elements 7, metals such as tungsten, molybdenum, Kovar, and the like with a thermal expansion coefficient of 4×10^{-6} to $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ are preferable to be used and those obtained by mixing a slight amount of an aluminum nitride powder to the above-mentioned metals are also preferable to be used.

[0036] Next, the operation of the electrostatic chuck will be described.

[0037] As illustrated in Fig. 1, a semiconductor wafer 10 is mounted on a holding face 4 and direct current voltage as high as about 1000 V is applied to the electrodes 2 through lead terminals 8 to utilize the foregoing electrodes 2 as electrodes for electrostatic adsorption, so that the semiconductor wafer 10 can be attracted to and held on the holding face 4 owing to the Coulomb's force by dielectric polarization between the aluminum nitride film 3 and the semiconductor wafer 10 and Johnson-Rahbeck effect of slight leakage current. Here, the electrostatic chuck according to the invention, since the maximum length L of a plurality of the electrodes 2 formed on the ceramic substrate 1 is adjusted to be 5 cm or less, the ceramic substrate 1 scarcely warps and the holding face 4 can be finished to have excellent flatness. So that, the adsorption dispersion is slight and the wafer 10 can be held at a high precision.

[0038] Further, a metal plate (not illustrated) is arranged above the electrostatic chuck and high frequency electric power is applied to the electrodes 2 from a high frequency power source, so that plasma with constant plasma density can be generated between the foregoing metal plate and the electrodes 2. At that time, since the electrodes 2 has the thickness T_1 of 0.02 mm or more, even if high frequency electric power is applied, the electrodes 2 do not generate heat or are disconnected by burning.

Incidentally, in the case high frequency electric power for plasma generation is applied other than the direct current voltage for the electrostatic adsorption, a filter capable of cutting the high frequency may be inserted between the electrostatic chuck and the high voltage power source.

[0039] Since the aluminum nitride film 3 coating the electrodes 2 has a

high purity and is excellent in plasma resistance, the film does not cause any bad effect of such as particles, contamination or the like on the wafer 10.

[0040] Further, since resistance heating elements 7 are embedded in the ceramic substrate 1, by voltage application to them through lead terminals 9, the electrostatic chuck can radiate heat to evenly heat the wafer 10.

Moreover, since only the resistance heating elements 7 having a thickness T_3 of 0.03 mm or less and belt-like thin film patterns and a bipolar conductive layer 6 for electric communication to a plurality of the electrodes formed on the ceramic substrate 1 are embedded in the ceramic substrate 1, similar to a general ceramic heater, the electrostatic chuck free of warping and breaking and having extremely high reliability can be obtained.

[0041] Consequently, in the case a film formation is carried out on a wafer 10 by employing the electrostatic chuck according to the invention, a film with an even thickness can be formed and in the case of etching the wafer 10, the etching process in a planned size can be carried out.

[0042]

[Examples]

(Example 1) Here, an electrostatic chuck as shown in Fig. 1 was produced by way of trial and experiments to investigate its effects were carried out.

[0043] At first, after a slurry was produced by adding a binder and a solvent to an aluminum nitride powder with a purity of 99.9% or more, a plurality of green sheets with a thickness of about 0.5 mm were formed by a doctor blade method. On one green sheet among them, belt-like patterns were formed by screen printing of a metal paste for resistance heating

elements produced by mixing a tungsten powder and an aluminum nitride powder and adjusted to have an adjusted viscosity and on another green sheet, wiring shape as shown in Fig. 2 was formed by screen printing of a metal paste produced by mixing a tungsten powder and an aluminum nitride powder and adjusted to have an adjusted viscosity.

[0044] After that, these green sheets were laminated and further the remaining green sheets were laminated and thermally stuck to one another at 80°C by about 50 kg/cm² pressure to produce a lamination body which was further subjected to cutting process to be formed into a disk-like plate body and after that, small holes for forming electric communication with electrodes 2 and having a diameter of about 0.1 mm were formed in the surface of the lamination body and filled with a metal paste.

[0045] After being subjected to vacuum degreasing, the lamination body formed in such a manner was fired in reducing atmosphere at a temperature of about 2000°C to obtain a ceramic substrate 1 made of an aluminum nitride type ceramic with a thermal conductivity of 100 W/mK, and an intrinsic volume resistance value of 10¹³ Ω•cm, comprising resistance heating elements 7 and a bipolar conductive layer 6 embedded therein, and having an outer diameter of 220 mm and a thickness of 10 mm.

[0046] Also, substrates 1 made of the following ceramics; highly pure alumina with a purity of 99%, silicon nitride, and silicon carbide were produced. The alumina and silicon nitride were produced similarly to the case of the aluminum nitride by a doctor blade method and the silicon carbide was produced by a hot press method. The respective ceramic substrates 1 were controlled to have 98% or more theoretical densities of the

respective materials and the printed pattern shapes of the resistance heating elements 7 and the conductive layers 6 embedded in the inside of the respective ceramic substrates 1 were made all same and their resistance value was adjusted to be $5\ \Omega$ and the thickness T_3 was adjusted to be 0.03 mm or less.

[0047] Voltage of 100 V was applied to the resistance heating elements 7 in the ceramic substrates 1 produced in such a manner to heat them to 400°C . Then, the surface temperature of the ceramic substrates 1 was investigated by a temperature image processing device to find that the temperature distribution of the ceramic substrate 1 made of silicon nitride was so extremely inferior as shown in Table 1 as to make practical use impossible.

[0048] Further, in the case of the ceramic substrate 1 made of silicon carbide, owing to low resistance value, electric current applied to the resistance heating elements 7 was found turning around to clarify that the insulation property could not be assured.

[0049] On the other hand, the ceramic substrates 1 made of aluminum nitride and alumina showed no current turning around even if being heated and had sufficiently good insulation property and with respect to the temperature distribution, temperature dispersion was found not so significant. Especially, aluminum nitride scarcely showed the temperature dispersion and was found excellent since it had high thermal conductivity.

[0050] As a result, as a ceramic for forming a ceramic substrate 1, it was found that those having a thermal conductivity of $20\ \text{W/mK}$ or more and an intrinsic volume resistance value of $10^{10}\ \Omega\cdot\text{cm}$ or more were preferable to be selected.

[0051]

[Table 1]

Material	Thermal conductivity (W/mK)	Intrinsic volume resistance value ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Temperature distribution ($^{\circ}\text{C}$)	Overall evaluation
Aluminum nitride	100	10^{15}	1	○
Alumina	21	10^{16}	15	○
Silicon nitride	14	10^{16}	22	×
Silicon carbide	55	10^4	9	×

[0052]

(Example 2) Next, after the surface of ceramic substrates 1 made of aluminum nitride was subjected to polishing to make the flatness $1\text{ }\mu\text{m}$ or less, the average roughness relative to the average line (Ra) $1\text{ }\mu\text{m}$ or less, electrodes 2 with different shapes and thickness as shown in Table 2 were formed on the surface so as to electrically connect them with the respective via holes 5 and the warping amount of the respective ceramic substrates 1 were investigated.

[0053] The electrodes 2 were formed by screen printing a paste produced by mixing copper and silver powders and adjusted to have an adjusted viscosity into the respective electrode shapes and then heating at a temperature of 1000°C in vacuum atmosphere.

[0054] The respective results were as shown in Table 2.

[0055]

[Table 2]

	Structure of electrodes				Warping amount of ceramic substrate (μm)
	Number	Shape	Thickness (mm)	Maximum Length (cm)	
*1	1	Circular	0.05	20	80
*2	2	Semi-circular	0.05	10	30
3	4	Arc	0.05	5	1
4	8	Arc	0.05	2	0.6
*5	1	Rectangular	0.05	20	70
*6	2	Rectangular	0.05	10	26
7	4	Rectangular	0.05	5	0.9
8	1	Rectangular	0.05	5	0.5
9	1	Rectangular	0.50	5	1
10	4	Rectangular	0.50	5	1
*11	1	Rectangular	0.60	5	Broken
12	8	Rectangular	0.05	2	0.6
13	12	Rectangular	0.05	2	0.6

* shows out of the invention

[0056] As a result, at first, it could be found that regardless of the shape and the thickness of the electrodes 2, the warping amount of the ceramic substrates became larger as the maximum length L of the electrodes 2 became longer. Moreover it could be found that when the maximum length L of the electrodes 2 became longer than 5 cm, the warp of the ceramic

substrates 1 became significant.

[0057] On the other hand, if the maximum length L of the electrodes 2 was 5 cm or less, the warping amount of the ceramic substrates 1 could be suppressed to 1 μm or less, which was a neglectable level of the effect of warping.

[0058] Further, even if those having the maximum length L of the electrodes 2 longer than 5 cm, the warping amount of the ceramic substrates could be suppressed to 1 μm or less by dividing the electrodes 2 by polishing or the like to make the maximum length L of the electrodes 2 be 5 cm or less.

[0059] Accordingly, it was made clear that the warping of the ceramic substrates 1 could be remarkably suppressed by adjusting the maximum length of the electrodes 2 to be 5 cm or less.

[0060]

(Example 3) Further, ceramic substrates 1 provided with the electrodes 2 of the sample No. 7 in Table 2 were made ready and aluminum nitride films 3 with different film thickness values T_2 were formed on the electrodes 2 to obtain electrostatic chucks by way of trial.

[0061] For the film formation of the aluminum nitride films 3, as reaction gases, aluminum chloride, ammonia, hydrogen, and nitrogen were made ready and film formation was carried out at 800 to 1000°C under decreased pressure, about 50 torr, and by controlling the film formation duration, aluminum nitride films 3 with the film thickness T_2 shown in Table 3 were formed.

[0062] Next, when a silicon wafer 10 was attached and held by applying

direct current voltage of 1000 V to the electrodes 2, dielectric breakdown took place for those with the thickness T_2 of 0.05 mm or less.

[0063] On the other hand, no dielectric breakdown took place and stable adsorption was made possible for those with the thickness T_2 of 0.01 mm or more. However, if the film thickness the thickness T_2 was 0.5 mm or more, it took a long time to form the aluminum nitride films to result in poor productivity.

[0064] Further, with respect to the adsorption force, if the film thickness T_2 was in a range of 0.05 mm to 0.4 mm, approximately constant adsorption force was obtained to make handling as electrostatic chucks easy.

[0065] As a result, the film thickness T_2 of the aluminum nitride films 3 was found preferably within a range of 0.01 to 0.5 mm, more preferably within 0.05 to 0.4 mm.

[0066]

[Table 3]

Film thickness T_2 of aluminum nitride film (mm)	Voltage resistance at 1 KV	Adsorption force (g/cm ²)
0.005	Broken (×)	—
0.01	○	220
0.05	○	130
0.1	○	126
0.2	○	120
0.4	○	115
0.5	○	60

[0067] Further, the electrostatic chucks according to the invention were set in an etching device and in the case while fluorine gas being supplied, high frequency electric power of 800 W and 13.56 MHz was applied from a high frequency electric power source, the electrodes 2 did not generate heat and were not disconnected by burning since the electrodes 2 were provided with sufficient thickness T_1 of 0.02 mm or more. Moreover, since the electrodes 2 and the aluminum nitride film 3 formed on each ceramic substrate had even thickness, the plasma density on a wafer¹⁰ could be made constant and thus formation of a desired integrated circuit on the silicon wafer was made possible.

[0068]

[Effects of the Invention]

As described above, the invention provides an electrostatic chuck comprising a plurality of electrodes with a thickness of 0.02 mm or more and the maximum length of 5 cm or less on the surface of a ceramic substrate and a holding face formed by coating each of the electrodes with an aluminum nitride film with a thickness of 0.01 to 0.5 mm; therefore, the holding face is provided with a high flatness precision and capability of holding a semiconductor wafer with an even adsorption force and at the same time the electrodes are provided with the function as electrodes for plasma generation other than the function as electrodes for electrostatic adsorption, so that a compact electrostatic chuck with an extremely high efficiency can be obtained.

[0069] Moreover, since an aluminum nitride film is excellent in plasma resistance, a long life can be provided and no bad effect of such as

contamination and particles on a semiconductor wafer is caused.

[0070] Further, since only a conductor layer for electric communication to the electrodes and resistance heating elements are embedded in the inside of the above-mentioned ceramic substrate, a remarkably high reliability can be provided similarly in the case of a common ceramic heater.

[0071] Further, in the invention, since a ceramic having a high thermal conductivity and intrinsic volume resistance value is employed to compose the above-mentioned ceramic substrate and the electrodes are made of tungsten, molybdenum or Kovar, the electrostatic chuck is excellent in the evenly heating property and is capable of evenly heating a semiconductor wafer.

[0072] Consequently, if film formation on a semiconductor wafer is carried out by employing such an electrostatic chuck according to the invention, film formation with a high precision can be carried out and if fine processing is carried out on a semiconductor wafer, high precision processing with a prescribed size can be carried out.

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1(a) is a perspective view showing an electrostatic chuck according to the invention and Fig. 1(b) is a cross-sectional view taken along line X-X of the Fig. 1(a).

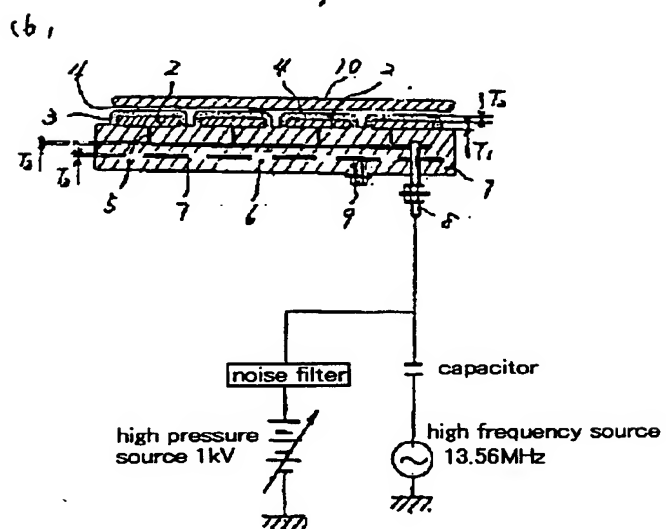
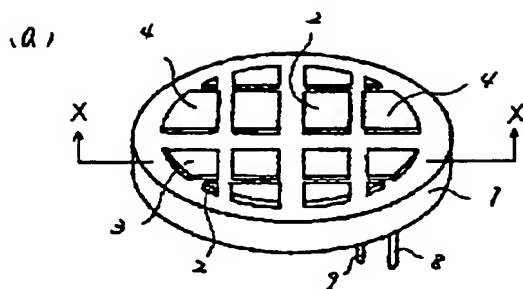
Fig. 2 is an exploded view of a ceramic substrate forming an electrostatic chuck according to the invention.

Fig. 3 is an illustration showing the pattern structure of electrodes of an electrostatic chuck according to the invention.

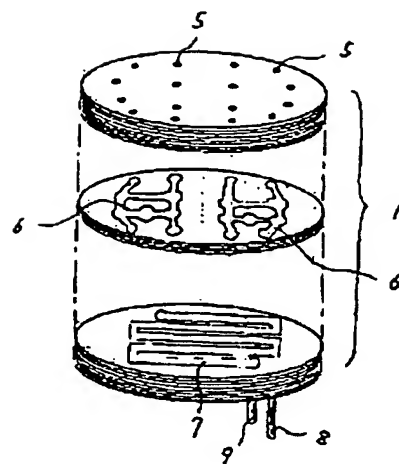
[Explanation of Symbols]

- 1: ceramic substrate
- 2: electrode
- 3: aluminum nitride film
- 4: holding face
- 5: via hole
- 6: conductive layer
- 7: resistance heating element
- 8: lead terminal
- 9: lead terminal
- 10: semiconductor wafer

[Fig.1]



[Fig.2]



[Fig.3]

